

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-101651

(43)Date of publication of application : 13.04.2001

(51)Int.Cl.

G11B 5/738

G11B 5/39

G11B 5/852

(21)Application number : 11-282424

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 04.10.1999

(72)Inventor : KANBE TETSUYA  
HONDA YOSHINORI  
ONO TOSHINORI  
YAKU YOTSUO  
FUJIMAKI SHIGEHICO  
KATAOKA HIROYUKI  
MATSUNUMA SATORU  
TAKAHASHI YOSHIO

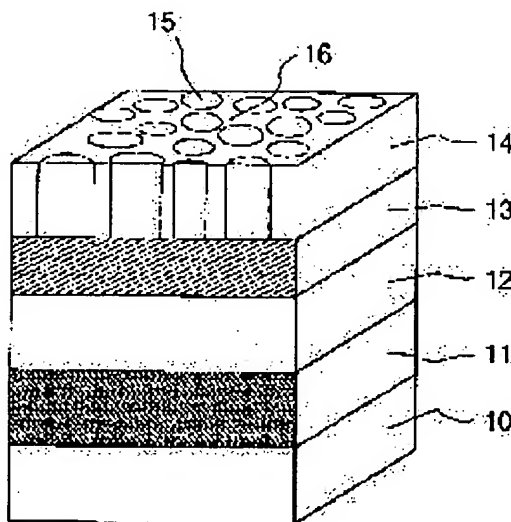
## (54) MAGNETIC RECORDING MEDIUM AND MAGNETIC STORAGE DEVICE

### (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a magnetic storage device capable of recording and reproducing high density information and having high reliability.

SOLUTION: In this magnetic storage device having a magnetic recording medium, a driving part for driving the magnetic recording medium in a recording direction, a magnetic head consisting of a recording part and a reproducing part, a means for moving the magnetic head relatively to the magnetic recording medium and a recording and reproducing signal processing means for executing signal input to the magnetic head and outputted signal reproduction from the magnetic head, the reproducing part of the magnetic head is composed of a spin valve type magnetic head and the magnetic recording medium is used, wherein its magnetic layer is composed of an alloy having a hcp structure and consisting essentially of Co and 3 mol% and 50 mol% oxide or nitride and has a cylindrical structure in which the Co alloy is separated by the oxide or the nitride and an easily magnetized axis is essentially oriented in a direction nearly parallel to the surface of a substrate.

1



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 29.09.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or

application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号  
特開2001-101651  
(P2001-101651A)

(43)公開日 平成13年4月13日(2001.4.13)

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テ-マコード*(参考)
G 1 1 B	5/738	G 1 1 B	5 D 0 0 6
	5/39		5 D 0 3 4
	5/852		Z 5 D 1 1 2

審査請求 未請求 請求項の数7 O L (全 11 頁)

(21)出願番号 特願平11-282424

(22)出願日 平成11年10月4日(1999.10.4)

(71)出願人 000005108  
株式会社日立製作所  
東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地  
(72)発明者 神邊 哲也  
東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地  
株式会社日立製作所中央研究所内  
(72)発明者 本田 好範  
神奈川県小田原市国府津2880番地 株式会  
社日立製作所ストレージシステム事業部内  
(74)代理人 100075096  
弁理士 作田 康夫

最終頁に続く

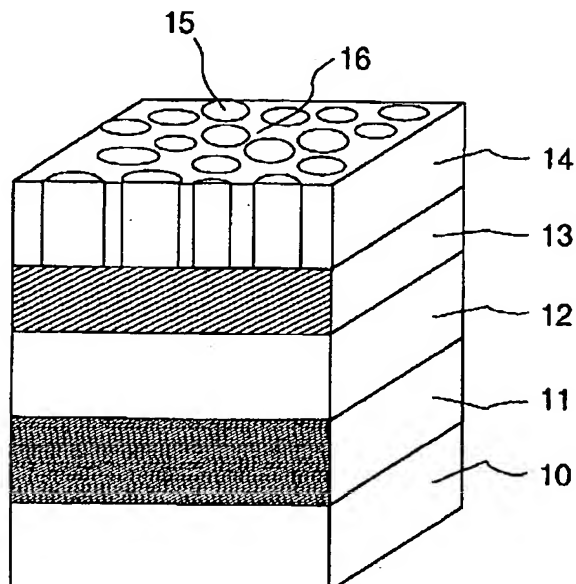
(54)【発明の名称】 磁気記録媒体および磁気記憶装置

(57)【要約】

【課題】本発明の目的は、高密度な情報の記録再生が可能で信頼性の高い磁気記憶装置を提供することである。

【解決手段】磁気記録媒体と、これを記録方向に駆動する駆動部と、記録部と再生部から成る磁気ヘッドと、上記磁気ヘッドを上記磁気記録媒体に対して相対運動させる手段と、上記磁気ヘッドへの信号入力と該磁気ヘッドからの出力信号再生を行うための記録再生信号処理手段を有する磁気記憶装置において、前記磁気ヘッドの再生部がスピナバルブ型磁気ヘッドで構成し、かつ、磁性層がhcp構造を有すCoを主成分とした合金と、3mol%以上、50mol%以下の酸化物、または窒化物から構成され、該Co合金が該酸化物、または窒化物によって分断された柱状構造をとり、磁化容易軸が実質的に基板面と略平行方向に配向している磁気記録媒体を用いる。

図 1



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】基板上に形成された第1の下地層と、第1の下地層上に形成されかつbcc構造を有し(100)配向したCrを主成分とする合金を含有する第2の下地層と、第2の下地層上に形成されかつhcp構造を有し(110)配向したCoを主成分とする合金を含有する第3の下地層と、第3の下地層上に形成されかつhcp構造を有し(110)配向したCoを主成分とする合金結晶および酸化物または窒化物を含有する磁性層とを有し、前記酸化物または窒化物の濃度は磁性層の全元素に対して3mol%以上50mol%以下であり、前記磁性層に含有されるCoを主成分とするhcp構造の合金結晶は前記酸化物または窒化物によって相互に分離されかつ前記Coを主成分とするhcp構造の合金結晶の磁化容易軸は基板面に対して実質的に平行に配向していることを特徴とする磁気記録媒体。

【請求項2】基板上に形成されかつB<sub>2</sub>構造またはL<sub>21</sub>構造またはC<sub>11b</sub>構造の合金を含有する第1の下地層と、第1の下地層上に形成されかつbcc構造を有し(211)配向したCrを主成分とする合金を含有する第2の下地層と、第2の下地層上に形成されかつhcp構造を有し(100)配向したCoを主成分とする合金を含有する第3の下地層と、第3の下地層上に形成されかつhcp構造を有し(100)配向したCoを主成分とする合金結晶および酸化物または窒化物とを含有する磁性層とを有し、前記酸化物または窒化物の濃度は磁性層の全元素に対して3mol%以上50mol%以下であり、前記Coを主成分とするhcp構造の合金結晶は前記酸化物または窒化物によって相互に分離されかつ前記Coを主成分とするhcp構造の合金結晶の磁化容易軸は基板面に対して実質的に平行に配向していることを特徴とする磁気記録媒体。

【請求項3】前記Coを主成分とするhcp構造を有する第3の下地層は、Cr、V、Mnのいずれかの元素を25at%以上、50at%以下含有し、更にW、Mo、Ta、Pt、Ti、Nb、Al、Cu、Ru、Pdから選ばれた元素を少なくとも1種20at%以下含有していることを特徴とする請求項1または2に記載の磁気記録媒体。

【請求項4】基板上に形成された第1の下地層と、第1の下地層上に形成されかつbcc構造を有し(100)配向したCrを主成分とする合金を含有する第2の下地層と、第2の下地層上に形成されかつfcc構造を有し(100)配向したAgまたはAuを主成分とする合金あるいは(100)配向したB<sub>2</sub>構造の合金を含有する第3の下地層と、第3の下地層上に形成されかつhcp構造を有し(110)配向したCoを主成分とする合金結晶および酸化物または窒化物とを含有する磁性層とを有し、前記酸化物または窒化物の濃度は磁性層の全元素に対して3mol%以上50mol%以下であり、前

記Coを主成分とするhcp構造の合金結晶は前記酸化物または窒化物によって相互に分離されかつ前記Coを主成分とするhcp構造の合金結晶の磁化容易軸は基板面に対して実質的に平行に配向していることを特徴とする磁気記録媒体。

【請求項5】磁気記録媒体と、磁気記録媒体を記録方向に駆動する駆動部と、記録用誘導ヘッドと再生用磁気抵抗ヘッドを併せ持つ複合型磁気ヘッドと、前記複合型磁気ヘッドからの入出力信号を処理する記録再生信号処理手段とを備えた磁気記憶装置において、前記磁気記録媒体は、基板上に形成された第1の下地層と、第1の下地層上に形成されかつbcc構造を有し(100)配向したCrを主成分とする合金を含有する第2の下地層と、第2の下地層上に形成されかつhcp構造を有し(110)配向したCoを主成分とする合金を含有する第3の下地層と、第3の下地層上に形成されかつhcp構造を有し(110)配向したCoを主成分とする合金結晶および酸化物または窒化物を含有する磁性層とを有し、前記酸化物または窒化物の濃度は磁性層の全元素に対して3mol%以上50mol%以下であり、前記磁性層に含有されるCoを主成分とするhcp構造の合金結晶は前記酸化物または窒化物によって相互に分離されかつ前記Coを主成分とするhcp構造の合金結晶の磁化容易軸は基板面に対して実質的に平行に配向している磁気記憶装置。

【請求項6】磁気記録媒体と、磁気記録媒体を記録方向に駆動する駆動部と、記録用誘導ヘッドと再生用磁気抵抗ヘッドを併せ持つ複合型磁気ヘッドと、前記複合型磁気ヘッドからの入出力信号を処理する記録再生信号処理手段とを備えた磁気記憶装置において、前記磁気記録媒体は、基板上に形成されかつB<sub>2</sub>構造またはL<sub>21</sub>構造またはC<sub>11b</sub>構造の合金を含有する第1の下地層と、第1の下地層上に形成されかつbcc構造を有し(211)配向したCrを主成分とする合金を含有する第2の下地層と、第2の下地層上に形成されかつhcp構造を有し(100)配向したCoを主成分とする合金を含有する第3の下地層と、第3の下地層上に形成されかつhcp構造を有し(100)配向したCoを主成分とする合金結晶および酸化物または窒化物とを含有する磁性層とを有し、前記酸化物または窒化物の濃度は磁性層の全元素に対して3mol%以上50mol%以下であり、前記Coを主成分とするhcp構造の合金結晶は前記酸化物または窒化物によって相互に分離されかつ前記Coを主成分とするhcp構造の合金結晶の磁化容易軸は基板面に対して実質的に平行に配向している磁気記憶装置。

【請求項7】磁気記録媒体と、磁気記録媒体を記録方向に駆動する駆動部と、記録用誘導ヘッドと再生用磁気抵抗ヘッドを併せ持つ複合型磁気ヘッドと、前記複合型磁気ヘッドからの入出力信号を処理する記録再生信号処理

手段とを備えた磁気記憶装置において、前記磁気記録媒体は、基板上に形成された第1の下地層と、第1の下地層上に形成されかつbcc構造を有し(100)配向したCrを主成分とする合金を含有する第2の下地層と、第2の下地層上に形成されかつfcc構造を有し(100)配向したAgまたはAgを主成分とする合金あるいは(100)配向したB<sub>2</sub>構造の合金を含有する第3の下地層と、第3の下地層上に形成されかつhcp構造を有し(11.0)配向したCoを主成分とする合金結晶および酸化物または窒化物とを含有する磁性層とを有し、前記酸化物または窒化物の濃度は磁性層の全元素に対して3mol%以上50mol%以下であり、前記Coを主成分とするhcp構造の合金結晶は前記酸化物または窒化物によって相互に分離されかつ前記Coを主成分とするhcp構造の合金結晶の磁化容易軸は基板面に対して実質的に平行に配向している磁気記憶装置。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、1平方インチ当たり20ギガビット以上の記録密度を有する磁気記憶装置と、これを実現するための低ノイズ、高分解能で、かつ熱磁気緩和による再生出力の減衰が抑制された高い安定性を有す薄膜磁気記録媒体に関するものである。

##### 【0002】

【従来の技術】面内磁気記録媒体の高密度記録化には、保磁力の向上と媒体ノイズの低減が不可欠である。高保磁力化のためには、磁性層の磁化容易軸であるc軸の面内配向成分を向上させる必要がある。NiP/Al基板を用いた媒体では、基板上に形成されたCr、またはこれにTi、Mo、V等を添加したCr合金下地層が(100)面を基板面に平行にした配向(以下、(100)配向と略す)をとるため、磁性層はエピタキシャル成長により、c軸を膜面内に向けた(11.0)配向をとる。このため磁化容易軸を膜面内方向へ配向させることが可能であった。しかし、ガラス基板を用いた場合、Cr合金下地層がより安定な(110)配向をとるため、磁化容易軸を面内配向させることができない。これを解決するために基板とCr合金下地層の間に更にシード層と呼ばれる新たな層を形成することによって該下地層に(100)配向をとらせる技術が提案されている。このようなシード層材料としてはTa(特開平4-188427)やMgO(J. Appl. Phys. 67, 3638 (1995))等が開示されている。また、上記手法とは別に、磁化容易軸を面内配向させる手法として、B<sub>2</sub>構造のNiAl合金シード層の導入が提案されている(IEEE Trans. Magn. vol. 30, 3099 (1992))。該シード層上ではCr合金下地は(211)配向をとるため、磁性層にエピタキシャル成長により(10.0)配向をとらせることが可能となる。(10.0)配向も(11.0)配向と同様、c軸が膜面内方向を向くため強い面内異方性により、高い保磁力が得られる。このようなB<sub>2</sub>構造のシード層材料としてはNiAlの他、CoTi(J. Appl. P

hys. 85, 4298 (1999))が報告されている。

【0003】一方、媒体ノイズの低減には磁性結晶粒の微細化、磁性粒子間相互作用の低減が不可欠である。酸化物等の非磁性マトリクス中に磁性結晶粒が分散したグラニュー型磁気記録媒体( Appl. Phys. Lett. 52, 512 (1998))は、磁性粒径が微細であると同時に、酸化物相によって粒子間交換相互作用が低減されているため、優れた低ノイズ特性を示す。但し、グラニュー媒体は通常の成膜では、磁性結晶が微細になりすぎて高い保磁力が得られず、また、熱揺らぎの影響も強くうけるため、記録信号の経時的な減衰が著しく、高い信頼性が得られない。これを改善するための手法として、成膜後の真空熱処理(特開平7-98835)や、高周波バイアス印加(特開平8-45073)、より磁気異方性定数の高いCo磁性合金の導入等(特開平7-311929)が提案されている。

【0004】しかし、グラニュー媒体は磁化容易軸がほぼ3次元ランダム的に配向しているため、上記手法で磁性粒径を肥大化させても、1平方インチ当たり20ギガビット以上の高密度記録に対して十分な保磁力、及び保磁力角形比が得られない。これは、磁性層が酸化物、窒化物を含有するため、下地層表面が酸化、窒化され、磁性層のエピタキシャル成長が阻害されるためである。これに対し、特開平9-81936では、下地層上に酸化物や窒化物を含有しない第一の磁性層を形成した後、酸化物や窒化物を含有する第二の磁性層を形成することによって、該第二の磁性層をエピタキシャル成長させ、高保磁力媒体が得られることが開示されている。しかし、グラニュー構造をとらない第一の磁性層も記録層として作用するため、十分な低ノイズ効果が得られない。また、特開平10-302242にはTiやNiAl等のシード層とCrを主成分とした下地層の導入により、酸化物、窒化物を含有する磁性層の磁化容易軸を膜面内方向に配向させ、高い保磁力が得られることが開示されている。しかし、保磁力は高々3000エルステッド以下であり、400kFCI以上の高い線記録密度に対しては十分でない。

##### 【0005】

【発明が解決しようとする課題】上述のように、グラニュー構造の媒体は低ノイズではあるが、高記録密度化を実現するには、更に保磁力、及び保磁力角形比を向上させ、熱擾乱に対する十分な安定性を得る必要である。

【0006】本発明の目的はグラニュー媒体において、磁性層をエピタキシャル成長させることにより、磁化容易軸を面内配向させ、高保磁力化、高保磁力角形比化を図るものである。これにより、高密度記録に必要な良好な磁気特性と、熱磁気緩和に対する十分な安定性を有す磁気記録媒体を提供することができる。更に高感度な磁気ヘッドと組み合わせ、条件を最適化することにより、1平方インチ当たり20ギガビット以上の記録密度を持った信頼性の高い磁気記憶装置を提供することができる。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】上記目的は、磁性層がhcp構造を有すCoを主成分とした合金と、3mol%以上、50mol%以下の酸化物、または窒化物から構成され、該Co合金が該酸化物、または窒化物によって分断された柱状構造をとり、磁化容易軸が実質的に基板面と略平行方向に配向していることを特徴とする磁気記録媒体と、これを記録方向に駆動する駆動部と、記録部と再生部から成る磁気ヘッドと、上記磁気ヘッドを上記磁気記録媒体に対して相対運動させる手段と、上記磁気ヘッドへの信号入力と該磁気ヘッドからの出力信号再生を行うための記録再生信号処理手段を有する磁気記憶装置において前記磁気ヘッドの再生部が磁気抵抗効果型磁気ヘッドで構成される磁気記憶装置により達成される。図1に本発明媒体の層構成と磁性層の模式的構造を示す。基板上10に第一の下地層11（以下、シード層と略す）、第二の下地層12（以下、下地層と略す）、第三の下地層13（以下、中間層と略す）を介して磁性層14が形成されている。尚、同図では保護膜と潤滑膜は省略してある。磁性層はコラム構造を有すCo合金結晶からなる磁性相15と酸化物、または窒化物からなる非磁性マトリックス相16からなり、該Co合金結晶は概ね1〜3nm幅の非磁性マトリックス相によって分離されている。更に、前記Co合金結晶は中間層上にエピタキシャル成長しており、(11.0)配向、または(10.0)配向をとっている。このため、磁化容易軸であるc軸は膜面内方向に配向している。

【0008】磁性層の(11.0)配向は、シード層としてMgO、NiP、Ta、CoCrZr、NiTa、NiNb合金等を形成し、下地層としてCrを主成分としたbcc構造の合金を形成し、中間層としてCoを主成分としたhcp構造の非磁性合金等を用いることによって実現される。上記シード層上ではCr合金下地層が(100)配向をとるため、該下地層上に形成されたhcp構造の中間層はエピタキシャル成長して(11.0)配向をとる。該中間層の主成分であるCoの酸化物生成自由エネルギーはCrよりも高いため、中間層表面でのCo合金の酸化物生成が抑制される。このため、該中間層上に、Coを主成分として酸化物、または窒化物を含有した磁性層を形成した場合、該磁性層初期層におけるCo合金の酸化物層の形成が抑制され、Co合金はエピタキシャル成長により、(11.0)配向をとる。更に該磁性層形成時に適度な直流、または交流バイアスを印加することにより、磁化容易軸を面内方向に配向させた柱状構造のCo磁性合金が、酸化物、または窒化物によって分断された構造を有す磁性層を得ることができる。

【0009】シード層材料としては、Cr、又はCr合金下地層を(100)配向化させることができれば、特に制限しない。また、下地層材料としては、Cr、またはこれにTi、Mo、V、W、Mn等を添加して格子定数を増加させたbcc構造のCr合金を用いてもよい。また、基板には結晶化ガラス、強化ガラス、カーボン、NiPメッキを施したAl-Mg

合金等を用いることができる。

【0010】中間層材料としては、Coを主成分とし、非磁性化のためにCr、V、Mnから選ばれた少なくとも一つの元素を25at%以上、50at%以下含有する合金等が用いられる。25at%未満では非磁性化が不十分であり、50at%を上回るとhcp構造が崩れるため好ましくない。更に、格子定数制御等を目的としてW、Mo、Ta、Pt、Ti、Nb、Al、Cu、Ru、Pdから選ばれた少なくとも一つの元素を20at%以下含有していてもよい。20at%を上回るとhcp構造が崩れるため好ましくない。該中間層は非磁性であることが望ましいが、残留飽和磁束密度Brと膜厚tの積Br・tが、磁性層のBr・tの20%以下であれば、弱い磁化をもっていても実用上問題は無いことが予備検討の結果、確認された。

【0011】また、酸素との親和性の低いAgを中間層として用いてもよい。Agのa軸長aAgと、Crのa軸長aCrを用いて $(aAg - \sqrt{2}aCr) / \sqrt{2}aCr \times 100(\%)$ と定義した格子ミスフィットは2%以下であるため、(100)配向したCr合金下地層上に形成されたAg中間層はエピタキシャル成長により(100)配向をとる。よって、その上に形成されたCo磁性合金もエピタキシャル成長により(11.0)配向をとり、hcp構造のCo合金中間層を用いた場合と同様、Co磁性合金の磁化容易軸を面内配向させることができる。上記Ag中間層は、格子ミスフィットが5%以下で、かつfcc構造をとっていれば、他の元素を含有したAg合金中間層でもよい。

【0012】更に中間層として、AlCo、NiAl、CoTi、CuPd、MnV、NiTiから選ばれた少なくとも一つのB<sub>2</sub>構造の金属間化合物を用いることもできる。これらの金属間化合物のa軸長と、Crのa軸長aCrとの格子ミスフィットはいずれも5%以下であるため、(100)配向したCr合金下地層上に形成された該金属間化合物はエピタキシャル成長により(100)配向をとる。該金属間化合物は、イオン結合性結晶であるため、酸素と結合しにくく、表面での酸化物生成が抑制される。よって、該金属間化合物上に形成された磁性層中のCo磁性合金もエピタキシャル成長により(11.0)配向をとり、磁化容易軸を面内配向させることができる。該磁性層をバイアス印加しながら形成することによって、磁化容易軸を面内方向に配向させた柱状構造のCo磁性合金と、酸化物、または窒化物の粒界相からなる磁性層を実現することができる。

【0013】一方、磁化容易軸の面内配向化はCo磁性合金に(10.0)配向をとらせることによって実現できる。磁性層の(10.0)配向は、シード層としてB<sub>2</sub>構造のNiAl、CoTi、CoAl、NiTi、MnV合金等合金等を形成し、下地層としてCrを主成分としたbcc構造の合金を形成し、中間層としてCoを主成分としたhcp構造の非磁性合金等を用いることによって実現される。シード層としては上記B<sub>2</sub>構造の合金等の他に、例えば、L<sub>21</sub>構造、C<sub>11b</sub>構造を有する材料を使用しても良い。これらのシード層上に形成

されたCr、またはCr合金下地層は(211)配向をとるため、該下地層上に上述のhcp構造のCo合金中間層を形成した場合、各中間層はエピタキシャル成長により、それぞれ(10.0)配向をとる。該中間層上に、バイアス印加の下で磁性層を形成することにより、酸化物、または窒化物の粒相によって分離され、かつ磁化容易軸を面内方向に配向させた柱状構造のCo磁性合金からなる磁性層を実現することができる。

【0014】磁性層中のCo合金結晶が上記いずれの配向をとった場合でも、強い面内磁気異方性による高い保磁力と保磁力角形比が得られる。更に、いずれの場合も磁性層が磁氣的孤立度の高い微細な磁性粒径から構成されるため、低ノイズな磁気記録媒体が得られる。また、磁性層中の全てのCo合金結晶が面内配向している必要はない。磁性層中のCo合金が主として(11.0)配向した場合は、X線回折プロファイルに於ける磁性層の(11.0)面からの回折ピーク強度が、磁性層の他のいかなる面からの回折ピークの強度に対しても2倍以上であれば、上記効果を得ることができる。また、磁性層中のCo合金が主として(10.0)配向した場合は、磁性層の(10.0)面からの回折ピーク強度が、磁性層の他のいかなる面からの回折ピークの強度よりも大きければ、上記効果を得ることができる。また、磁性層形成時のバイアス印加は、磁性結晶粒の極度の微細化を抑制すると同時に、非磁性マトリックスによる磁性結晶の分断を促進するためのものであり、直流バイアス、交流バイアスのいずれであってもよい。hcp構造をとる合金であれば、Co磁性合金の組成は特に限定しないが、高保磁力を得るためPtを含有することが望ましい。

【0015】非磁性マトリックス材料としては、SiO<sub>2</sub>、TiO<sub>2</sub>、ZrO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>から選ばれた酸化物、またはSi<sub>3</sub>N<sub>4</sub>、TiN、ZrNから選ばれた窒化物が好ましい。これらは酸素、または窒素との親和性が強いので、Coの酸化、または窒化が抑制されるためである。該非磁性マトリックス材料の濃度は、磁性層を構成する全元素に対して3mol%以上、50mol%以下が望ましい。3mol%未満では磁性結晶粒間の交換相互作用を十分に低減できず、また、50mol%を上回ると磁性結晶粒が微細になりすぎ、好ましくない。磁性結晶粒の平均粒径が4nm未満では熱揺らぎの影響が顕著となり、10nmを上回ると十分な低ノイズ特性が得られなくなるため、平均粒径は4nm以上、10nm以下であることが好ましい。ここで結晶粒径は、結晶粒と同一面積の真円の直径と定義し、平面TEM像を用いて計測した100~200個程度の結晶粒径の算術平均を平均粒径とする。

【0016】媒体の磁気特性としては、膜面内方向に磁界を印加して測定した保磁力を3500エルステッド以上とし、残留磁束密度Brと膜厚tの積Br×tを30 Gauss・ミクロン以上、70 Gauss・ミクロン以下とすると、1平方インチ当たり20ギガビット以上の記録密度領域におい

て、良好な記録再生特性が得られるので好ましい。円周方向の保磁力が3500エルステッドよりも小さくなると、高記録密度(450kFCI以上)での出力が小さくなり好ましくない。また、Br×tが70 Gauss・ミクロンより大きくなると分解能が低下し、30 Gauss・ミクロンよりも小さくなると再生出力が小さくなり好ましくない。更に膜面内方向に磁界を印加して測定した保磁力を、垂直方向の保磁力の10倍以上とすることにより、良好な重ね書き特性が得られる。

【0017】磁性層上に保護膜として膜厚3~15nmのカーボンを形成し、パーフルオロアルキルポリエーテル系の潤滑層を2~3nm設けることにより、高い信頼性が得られる。保護膜として窒素、水素等を添加したカーボンを用いることにより、耐摺動性、耐食性を向上させることができる。

【0018】上記磁気記録装置で用いている磁気ヘッドの磁気抵抗センサ部は、互いの磁化方向が外部磁界によって相対的に変化することによって大きな抵抗変化を生じる複数の導電性磁性層と、その導電性磁性層の間に配置された導電性非磁性層によって構成されたスピン・バルブ効果を利用したものとする。該抵抗センサ部を挟む2枚のシールド層の間隔(シールド間隔)は0.15μm以下が好ましい。これは、シールド間隔が0.15μm以上になると分解能が低下し、信号の位相ジッターが大きくなってしまうためである。

【0019】

【発明の実施の形態】<実施例1>結晶化ガラス基板上にNi-37.5at%Ta合金シード層を70nm形成したのち、ランブヒーター加熱により150℃まで加熱し、更にCr-25at%Ti合金下地層を30nm、Co-34at%Cr中間層を30nm、(Co-25at%Pt)-(Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)7mol%合金磁性層を14nm、カーボン保護膜を8nm、真空中で連続的に形成した。磁性層以外の層の成膜は、全てDCスパッタにより5mArのガス雰囲気中で行い、磁性層の成膜のみ、RFスパッタにより30mTorrのガス雰囲気中で行った。更に磁成層形成時に異なるDCバイアスを印加した媒体を作製した。DCバイアスは0Vから-300Vの範囲で変化させた。また、比較例として中間層を形成しない媒体を上記と同一条件で作製した。

【0020】図2にCoCr中間層を形成した本実施例媒体と、該中間層を形成しない比較例媒体について、保磁力と磁性層形成時に印加した直流バイアス電圧との関係を示す。中間層を形成した媒体の場合、DCバイアスは-150V印加した場合に保磁力が最も高い媒体が得られた。比較例媒体では最大2.2kOe程度の保磁力しか得られていないのに対し、中間層を設けた実施例媒体では4kOe以上の高い保磁力が得られている。また、比較例媒体の保磁力角形比が0.58であったのに対し、実施例媒体では0.81であった。以上、中間層導入により、面内磁気異方性が向上し、高保磁力、高保磁力角形比が実現できることが分かった。

【0021】＜実施例2＞結晶化ガラス基板上にNi-40at%Ta合金シード層を60nm形成したのち、ランプヒーター加熱により150℃まで加熱し、更にCr-25at%Ti合金下地層を50nm、表1に示した種々の中間層を10nm、(Co-25at%

Pt)-(Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)12mol%合金磁性層を14nm、カーボン保護膜を8nm、真空中で連続的に形成した。

【0022】

【表1】

表 1

	中間層	保磁力 (kOe)	S*	規格化媒体ノイズ ( $\mu\text{Vrms}\cdot\mu\text{m}^{1/2}/\mu\text{Vpp}$ )	出力減衰率 (%)
実施例1-1	Co-36at%Cr	3.56	0.73	0.0155	2.1
実施例1-2	Co-34at%Mn	4.02	0.71	0.0164	1.9
実施例1-3	Co-40at%V	3.71	0.82	0.0171	2.5
実施例1-4	Co-32at%Cr-6at%W	3.92	0.71	0.0160	0.9
実施例1-5	Co-33at%Cr-6at%Mo	3.81	0.74	0.0165	1.4
実施例1-6	Co-30at%Mn-6at%Ru	4.22	0.79	0.0172	1.1
実施例1-7	Co-30at%Mn-6at%Pt	4.12	0.76	0.0169	0.8
実施例1-8	Co-35at%V-4at%Ti	3.92	0.83	0.0170	0.7
実施例1-9	Co-40at%V-3at%Ta	3.88	0.81	0.0166	1.3
比較例	なし	2.23	0.42	-	-

【0023】磁性層以外の層の成膜は、全てDCスパッタにより5mArのガス雰囲気中で行い、磁性層の成膜のみ、RFスパッタにより30mTorrのガス雰囲気中で行った。更に磁成層形成時に-150VのDCバイアスを印加した。また、比較例として中間層を形成しない媒体を上記と同一条件で作製した。

【0024】本実施例媒体の磁性層の平面TEM観察を行ったところ、全ての媒体に於いて、粒径3～10nm程度の結晶粒が、幅2～3nmの粒界相によって分断されたグラニューラー構造が確認された。また、いずれの磁性層でも、70～90%以上の結晶粒に格子縞が観察され、電子線回折測定によって得られた回折像には(10.0)、(00.2)、(10.1)面からの3本の回折リングのみが観察された。よって、磁性層は(11.0)配向していると考えられる。また、断面TEM観察を行ったところ、全ての実施例媒体に於いて、磁性層中の結晶は初期層から表面まで連続的に成長したコラム構造をとっていることが確認された。尚、中間層を形成していない比較例媒体でもグラニューラー構造は確認されたが、配向はほぼ3次元ランダムで、磁性層中の結晶粒の形状はほぼ球状であった。表1に示した様に本実施例媒体は全て3.5kOe以上の高い保磁力と、0.7以上の保磁力角形比S\*を示した。また、記録密度450kFC

Iで記録した信号の、記録直後の再生出力E0と96時間後の再生出力E96hを用いて(E0-E96h)/E0×100(%)と定義した再生出力の減衰率も2%以下と低く、熱的安定性にも優れていることがわかった。特にCoCr中間層を用いた媒体で規格化媒体ノイズが低く、CoMn中間層、CoV中間層を用いた媒体でそれぞれ保磁力、及び保磁力角形比S\*が高かった。ここで、規格化媒体ノイズとは、記録密度450kFCIで記録したときの媒体ノイズを孤立再生波の出力とトラック幅で規格化した値である。一方、比較例媒体では、保磁力が低いため上記線記録密度で記録した場合、ほぼ交流消磁状態となってしまった。また、上記中間層に第三元素を添加した三元系中間層を用いた実施例媒体では、全体的に保磁力が高く、再生出力の減衰率も二元系中間層を用いた媒体よりも低く、より良好な耐熱揺らぎ特性を有していることがわかった。

【0025】＜実施例3＞Al基板上に10nmのTaシード層、50nmのCr-10at%Mo下地層、30nmのCo-30at%V-8at%W中間層、16nmの磁性層、8nmのカーボン保護膜を真空中で連続的に形成した。磁性層には、表2に示した種々の材料を用いた。

【0026】

【表2】



表 2

	磁性層	保磁力 (kOe)	S*	規格化媒体ノイズ ( $\mu\text{Vrms} \cdot \mu\text{m}^{1/2} / \mu\text{Vpp}$ )	重ね書き特性 (dB)
実施例 2-1	(Co-20at%Pt)-(SiO <sub>2</sub> )14mol%	3.67	0.78	0.0155	34
実施例 2-2	(Co-20at%Pt)-(TiO <sub>2</sub> )10mol%	4.11	0.78	0.0177	34
実施例 2-3	(Co-20at%Pt)-(ZrO <sub>2</sub> )12mol%	4.06	0.71	0.0172	29
実施例 2-4	(Co-20at%Pt)-(Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )14mol%	3.88	0.83	0.0166	30
実施例 2-5	(Co-25at%Pt)-(Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )8mol%	3.78	0.82	0.0183	31
実施例 2-6	(Co-25at%Pt)-(Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )4mol%	3.99	0.75	0.0166	30
実施例 2-7	(Co-23at%Pt)-(TiN)12mol%	3.87	0.82	0.0156	38
実施例 2-8	(Co-23at%Pt)-(ZrN)14mol%	3.78	0.83	0.0168	37
実施例 2-9	(Co-23at%Pt)-(Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> )8mol%	3.91	0.84	0.0171	35

【0027】実施例2と同様、磁性層のみ-150VのDCバイアスを印加しながらRFスパッタで成膜し、他の層は全てDCスパッタで成膜した。

【0028】実施例1と同様、本実施例媒体も磁性層組成に依らず磁性結晶はコラム構造をとっており、幅2~3nmの粒界相で分断されたグラニユラー構造であった。また、X線回折プロファイルに於ける磁性層からの回折ピークは、(11.0)ピークのみであった。表2に示した通り、非磁性マトリックス材料にSiO<sub>2</sub>を用いた媒体で特に低い媒体ノイズが得られている。また、TiO<sub>2</sub>、ZrO<sub>2</sub>を用いた媒体では高い保磁力、及び高い保磁力角形比S\*がそれぞれ得られた。更に非磁性マトリックス材料に窒化物を用いた媒体では、酸化物を用いた場合よりも重ね書き特性が良好であった。

【0029】これらの媒体に潤滑財を塗布したのち、磁気ヘッドと共に図3(a)、(b)に示した磁気記憶装置に組み込んだ。図3(a)は磁気記憶装置を上面から見た模式図、図3(b)は図3(a)をAからA'に沿って見た断面図である。この装置は磁気ヘッド21、及びその駆動部22と、該磁気ヘッドの記録再生信号処理手段23と磁気記録媒体24とこれを回転させる駆動部25とからなる周知の構造を持つ磁気記憶装置である。上記磁気ヘッドの構造を図4に示す。この磁気ヘッドは基体31上に形成された記録用の電磁誘導型磁気ヘッドと再生用のスピンプルズ型磁気ヘッドを併せ持つ複合型ヘッドである。前記記録用ヘッドはコイル32を挟む上部記録磁極33と下部記録磁極兼上部シールド層34からなり、記録磁極間のギャップ層厚は0.30 $\mu\text{m}$ とした。また、コイルには厚さ3 $\mu\text{m}$ のCuを用いた。前記再生用ヘッドは磁気抵抗センサ35とその両端の電極パタン36からなり、磁気抵抗センサは共に1 $\mu\text{m}$ 厚の下部記録磁極兼上部シールド層と下部シールド層37で挟まれ、該シールド層間距離は0.15 $\mu\text{m}$ である。尚、図4では記録磁極間のギャップ層、及びシールド層と磁気抵抗センサとのギャップ層は省略してある。

【0030】図5に磁気抵抗センサの断面構造を示す。

該センサの信号検出領域41は、酸化Alのギャップ層42上に、厚さ5nmのTaバンプ層43、7nmの第一の磁性層44、1.5nmのCu中間層45、3nmの第二の磁性層46、10nmのFe-50at%Mn反強磁性合金層47が順次形成された構造である。前記第一の磁性層にはNi-20at%Fe合金を使用し、第二の磁性層にはCoを使用した。反強磁性層からの交換磁界により、第二の磁性層の磁化は一方方向に固定されている。これに対し、第二の磁性層と非磁性層を介して接する第一の磁性層の磁化の方向は、磁気記録媒体からの漏洩磁界により変化するため、抵抗変化が生じる。再生用ヘッドには、このような二つの磁性層の磁化の相対的方向の変化に伴う抵抗変化を利用したスピンプルズ型磁気ヘッドを使用した。信号検出領域の両端にはテーパー形状に加工されたテーパー部48がある。テーパー部は、磁気抵抗磁性層を単磁区化するための永久磁石層49と、その上に形成された信号を取り出すための一対の電極50からなる。永久磁石層は保磁力が大きく、磁化方向が容易に変化しないことが必要であり、CoCr、CoCrPt合金等が用いられる。

【0031】上記装置について、線記録密度430kBPI、トラック密度48kTPIの条件で記録再生特性を行ったところ、装置S/N1.8と高い値が得られた。また、磁気ヘッドへの入力信号を16-17符号変調処理して出力信号に最尤復号処理を施すことにより、1平方インチ当たり20ギガビットの情報を記録再生することができた。また、媒体の内周から外周までのヘッドシーク試験5万回後のビットエラー数は10ビット/面以下であり、平均故障間隔で30万時間以上が達成出来た。

【0032】<実施例4>ガラス基板上にNi-50at%Alシード層を100nm形成し、150℃まで加熱したのち、Cr-30at%V合金下地層を50nm、表3に示した種々の中間層を30nm、(Co-25at%Pt)-(SiO<sub>2</sub>)20mol%磁性層を18nm、カーボン保護膜を10nm、真空中で連続的に形成した。

【0033】

【表3】

表 3

	中間層	保磁力 (kOe)	S*	規格化媒体ノイズ ( $\mu\text{Vrms} \cdot \mu\text{m}^{1/2} / \mu\text{Vpp}$ )	重ね書き特性 (dB)
実施例 3-1	Co-34at%Cr-4at%W	4.13	0.72	0.0171	33
実施例 3-2	Co-36at%Cr-6at%Mo	3.81	0.76	0.0159	30
実施例 3-3	Co-40at%Mn-2at%Ta	3.91	0.83	0.0177	31
実施例 3-4	Co-30at%Mn-12at%Pt	3.86	0.79	0.0166	39
実施例 3-5	Co-35at%V-3at%Ti	4.11	0.75	0.0174	32
実施例 3-6	Co-35at%V-2at%Nb	4.07	0.77	0.0170	30
実施例 3-7	Co-35at%V-3at%Al	3.64	0.76	0.0155	33
実施例 3-8	Co-35at%V-8at%Cu	3.96	0.73	0.0166	38
実施例 3-9	Co-35at%V-2at%Ru	3.85	0.82	0.0171	34
実施例 3-10	Co-35at%V-2at%Pd	3.66	0.81	0.0174	35
比較例	なし	1.66	0.37	-	-

20

【0034】磁性層成膜時にのみ基板に100WのRFバイアスを印加した。比較例媒体として、中間層を形成しない媒体を上記と同一の膜構成、及びプロセス条件で作製した。

【0035】TEM観察の結果、各媒体は粒径6~10nmの結晶粒が幅2~3nmの粒界相で分離されたグラニューラ構造をとっていることが確認された。また、X線回折プロファイルには、磁性層からは(10.0)ピークの他、弱い(00.2)ピークも確認されたが、該(00.2)ピーク強度は(10.0)ピーク強度の50%以下であった。本実施例媒体は、表3に示したように3.5kOe以上の高い保磁力と0.7以上の高いS\*を示した。特にCoCrW、CoVTi、CoVNb中間層を用いた媒体で保磁力が高く、CoMnTa、CoVRu、CoVPd中間層を用いた媒体で高いS\*が得られた。また、CoCrMo、CoVA1中間層を用いた媒体で低ノイズであり、CoMnPt、CoVCu中間層を用いた媒体で良好な重ね書き特性が得られた。一方、比較例媒体では磁性結晶粒の配向がほぼ3次元ランダムとなり、保磁力、S\*とも実施例媒体を大幅に下回

った。

【0036】本実施例媒体に潤滑剤を塗布した後、実施例3で述べた装置に組み込み、線記録密度430kBPI、トラック密度48kTPIの条件で記録再生特性を行ったところ、装置S/N1.8と高い値が得られた。また、磁気ヘッドへの入力信号を16-17符号変調処理して出力信号に最尤復号処理を施すことにより、再生時のビット誤り率が $1 \times 10^{-9}$ 以下となり、1平方インチ当たり20ギガビットの情報を記録再生することができた。また、コンタクト・スタート・ストップ試験(CSS試験)を行ったところ、3万回のCSSを行っても摩擦係数は0.2以下であった。

【0037】<実施例5>ガラス基板上にMgOシード層を100nm形成した後、Cr-30at%Mo下地層を100nm、中間膜として表4に示したB2構造を有す種々の合金、或いはAgを30nm、(Co-8at%Cr-22at%Pt)-(TiO2)16mol%磁性層、カーボン保護膜を形成した。

【0038】

【表4】

40

表 4

	中間層	保磁力 (kOe)	S*	規格化媒体ノイズ ( $\mu\text{Vrms} \cdot \mu\text{m}^{1/2} / \mu\text{Vpp}$ )	出力減衰率 (%)
実施例 4-1	Co-50at%Al	4.13	0.72	0.0166	0.8
実施例 4-2	Co-50at%Ti	3.87	0.76	0.0161	0.9
実施例 4-3	Ni-50at%Al	3.91	0.71	0.0152	0.7
実施例 4-4	Ni-50at%Ti	3.86	0.78	0.0155	0.8
実施例 4-5	Mn-50at%V	4.11	0.78	0.0160	0.5
実施例 4-6	Ag	4.07	0.83	0.0162	0.7
比較例	なし	1.66	0.37	-	-

【0039】シード層の成膜はRFスパッタにて10mTorrのArガス雰囲気中で行い、下地層、中間層、及びカーボン保護膜はDCスパッタにより10mTorrのArガス雰囲気中で形成した。磁性層は、DCスパッタによりCoCrPtTi合金ターゲットを、Ar+30%O<sub>2</sub>混合ガス雰囲気中で成膜することによって形成した。磁性層形成時にのみ、基板に120WのRFバイアスを印加した。

【0040】本実施例媒体でも、hcp-Co合金中間層を用いた媒体と同様、磁性層はグラニューラー構造をとっており、磁性結晶粒はコラム構造であることが確認された。磁性結晶粒の平均粒径は7.2nmであった。また、X線回折測定の結果、CrMo下地層は(100)配向、該下地層上に形成されたB<sub>2</sub>構造の中間層、及びAg中間層はともに(100)配向、磁性層は(11.0)配向していることが確認された。本実施例媒体の磁気特性、記録再生特性を表4に示す。いずれの媒体も3.5kOe以上の高い保磁力と0.7以上の高いS\*を示した。また、実施例1で定義した再生出力の減衰率も1%以下と、優れた耐熱揺らぎ特性を示した。

【0041】本実施例媒体に潤滑剤を塗布した後、実施例2で述べた装置に組み込み、線記録密度480kBPI、トラック密度43.5kTPIの条件で記録再生特性を行ったところ、装置S/N1.6と高い値が得られた。また、磁気ヘッドへの入力信号を8-9符号変調処理して出力信号に最尤復号処理を施すことにより、1平方インチ当たり20ギガビットの情報を記録再生することができた。また、媒体の内周から外周までのヘッドシーク試験5万回後のビットエラー数は10ビット/面以下であり、平均故障間隔で30万時間以上が達成出来た。

【0042】

【発明の効果】本発明の磁気記録媒体は、高保磁力化、及びノイズ低減効果を持つ。本発明の磁気記録媒体とスピナルブ型磁気ヘッドを用いることにより、一平方インチ当たり20ギガビット以上の記録密度を有し、かつ平均故障回数が30万時間以上の磁気記憶装置の実現が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例の磁気記録媒体の断面構造の一例を示す模式図である。

【図2】本発明の一実施例の磁気記録媒体、及び比較例媒体の保磁力のバイアス電圧依存性を示す図である。

【図3】図3(a)は、本発明の一実施例の磁気記憶装置の平面模式図である。図3(b)は、図3(a)のA-A'断面図である。

【図4】本発明の磁気記憶装置における、磁気ヘッドの断面構造の一例を示す斜視図である。

【図5】本発明の磁気記憶装置における、磁気ヘッドの磁気抵抗センサ部の断面構造の一例を示す模式図である。

【符号の説明】

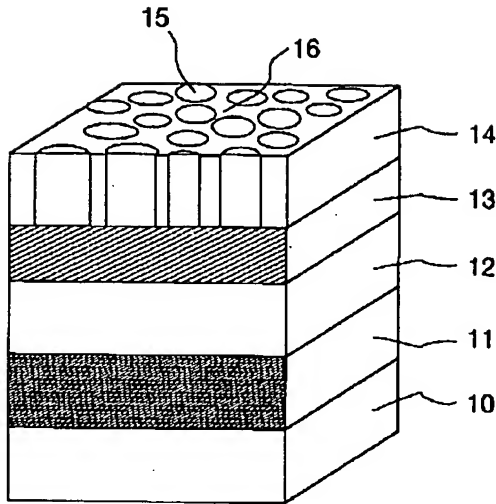
- 10...基板
- 11...シード層
- 12...下地層
- 13...中間層
- 14...磁性層
- 15...磁性相
- 16...非磁性マトリックス相
- 21...磁気ヘッド
- 22...磁気ヘッド駆動部
- 23...記録再生信号処理系
- 24...磁気記録媒体
- 25...磁気記録媒体駆動部
- 31...基体
- 32...コイル
- 33...上部記録磁極
- 34...下部記録磁極兼上部シールド層
- 35...磁気抵抗センサ
- 36...導体層
- 37...下部シールド層
- 41...信号検出領域
- 42...シールド層と磁気抵抗センサの間のギャップ層

- 43...パツファ層  
44...第一の磁性層  
45...中間層  
46...第二の磁性層

- 47...反強磁性層  
48...テーパー部  
49...永久磁石層  
50...電極。

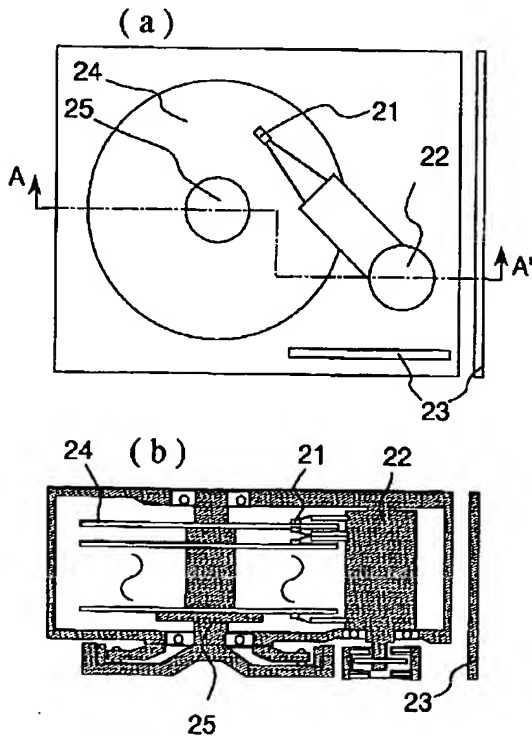
【図1】

図 1



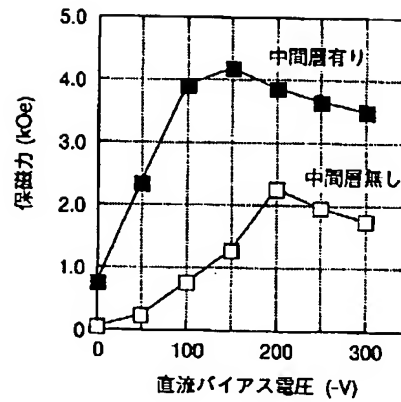
【図3】

図 3



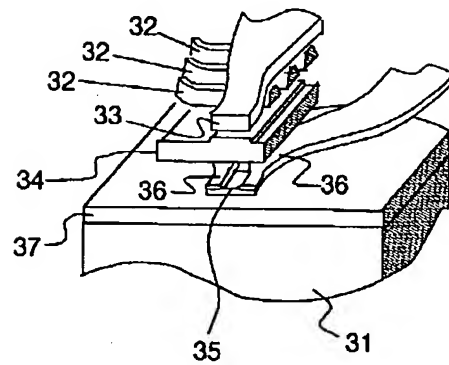
【図2】

図 2



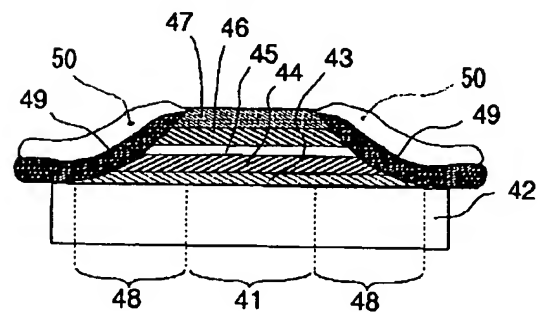
【図4】

図 4



【図5】

図 5



## フロントページの続き

(72)発明者 大野 俊典  
神奈川県小田原市国府津2880番地 株式会  
社日立製作所ストレージシステム事業部内

(72)発明者 屋久 四男  
神奈川県小田原市国府津2880番地 株式会  
社日立製作所ストレージシステム事業部内

(72)発明者 藤巻 成彦  
神奈川県小田原市国府津2880番地 株式会  
社日立製作所ストレージシステム事業部内

(72)発明者 片岡 宏之  
神奈川県小田原市国府津2880番地 株式会  
社日立製作所ストレージシステム事業部内

(72)発明者 松沼 悟  
東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地  
株式会社日立製作所中央研究所内

(72)発明者 高橋 由夫  
東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地  
株式会社日立製作所中央研究所内

Fターム(参考) 5D006 BB01 BB02 BB07 CA01 CA06  
DA03 FA09  
5D034 BA02 CA04  
5D112 AA03 AA05 AA11 AA24 BB05  
BB07 BD03 BD04 FA04